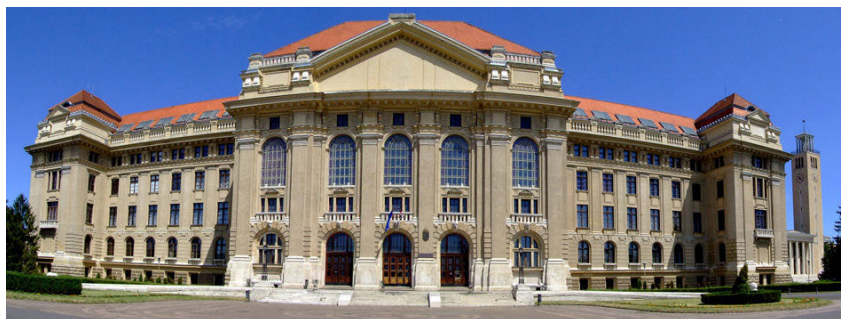


**AZ ELMÉLET ÉS A GYAKORLAT TALÁLKOZÁSA
A TÉRINFORMATIKÁBAN
VII.**

THEORY MEETS PRACTICE IN GIS



Szerkesztette:

Dr. Balázs Boglárka

Technikai szerkesztők:

Szentesi Andrea, Varga Orsolya Gyöngyi,
Bertalan László, Barkóczi Norbert Gábor

ISBN 978-963-318-570-4

Lektorálták:

**Dr. Burai Péter, Dr. Csorba Péter, Kákonyi Gábor,
Dr. Kerényi Attila, Dr. Kozma Gábor, Pajna Sándor,
Dr. Pázmányi Sándor, Dr. Rózsa Péter, Dr. Sik András, Dr. Siki Zoltán,
Dr. Szabó György (DE), Dr. Szabó József (DE), Dr. Szabó Szilárd**

A kötet a 2016. május 26-27 között Debrecenben megrendezett
Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás előadásait tartalmazza.

A közlemények tartalmáért a szerzők a felelősek.

A konferenciát szervezte:

A Debreceni Egyetem Földtudományi Intézete,
az MTA Földrajzi Tudományos Bizottság Geoinformatikai Albizottsága,
az MTA DAB Környezettudományi Bizottsága,
a HUNAGI és az eKÖZIG Zrt.



Debrecen Egyetemi Kiadó
Debrecen University Press

Készült
Kapitális Nyomdaipari Kft.
Felelős vezető: ifj. Kapusi József
Debrecen
2016

Geomorfometriai vizsgálatok a tektonika domborzatra gyakorolt hatásainak feltárására Börzsönyi mintaterületen

Józsa Edina¹ – Szeberényi József²

¹ PhD hallgató, PTE TTK Földtudományok Doktori Iskola, edina.j0zs4@gmail.com

² tudományos segédmunkatárs, MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, szeberenyi.jozsef@csfk.mta.hu

Abstract: DEM-based morphometric parameters can reveal tectonic effects on the development of different landscapes. To explore the hydrogeomorphological settings the characteristics of the drainage network, the shape and elevation distribution of watersheds and the topographic configuration based on geomorphometric maps (base-level, drainage density, stream-gradient index) were interpreted. The approaches were organized into GRASS GIS workflows, also using the R software for statistical analysis and display. These procedures were applied to the DEM of the Southern Börzsöny study site.

Bevezetés

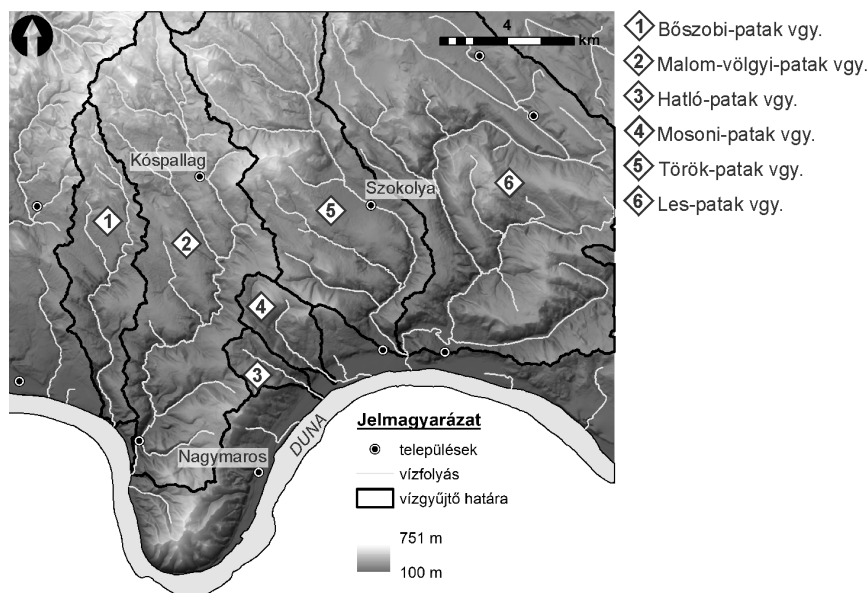
Különböző morfometriai paraméterek előállítása és az eredménytérképek interpretálása gyakori módszer egy-egy terület földtani, domborzati és vízrajzi sajátosságainak feltárása során. A hidrogeomorfológiai viszonyok jó indikátorai a tektonikai deformációnak, így értelmezésük révén pontosabb képet nyerhetünk az adott térség felszínfejlődéséről. Az eróziós-szint térkép, a vízfolyás-sűrűség térkép, valamint az esés-index térkép éppen a folyóvízi felszínformálás térbeli mintázatának és anomáliáinak térképezésére alkalmas komplex eljárások (GÁBRIS GY. 1986, TUCKER, G. E. ET AL. 2001, LUO, W.–STEPINSKI, T. 2008, RUSZKICZAY-RÜDIGER Zs. ET AL. 2009, JACQUES, P. D. ET AL. 2014, SLAMA, T. ET AL. 2015).

A digitális domborzatmodellek alkalmazása, legalább részben automatizált térinformatikai eljárásokkal társítva, nem csak megkönnyíti, meggyorsítja az ilyen jellegű elemzések kivitelezését, de garantálja az összehasonlítható, pontosan megismételhető eredmények előállítását is. A GRASS GIS és az R statisztikai szoftver széleskörű eszköztárat kínál a hidrológiai és geomorfológiai alaptérképek előállítására, azokkal való számítások elvégzésére, és az eredmények látványos megjelenítésére (GROHMANN, C. H. 2004, JASIEWICZ, J. METZ, M. 2011). A bemutatásra kerülő eljárások a programok szabad felhasználhatósága miatt egyszerűen átvehetők más kutatásokba is.

A Déli-Börzsöny morfosztratigráfiai modelljének előállítása során elengedhetetlen a szerkezetföldtani viszonyok részletes elemzése. Ennek érdekében jelen kutatás gyakorlati célja, hogy egy elérhető, de előzetes ismereteink alapján a terület földtani viszonyait nem kellő pontossággal bemutató geológiai térkép (KORPÁS L.–CSILLAGNÉ T. E. 1999) korrigálását elvégezzük.

Kutatási terület

A közel 230 km²-es kutatási terület a Déli-Börzsöny közvetlen dunai kapcsolódású kisvízgyűjtőit érinti (1. ábra), amelyek elsősorban a Börzsönyi Kismedencék és a Börzsönyi-peremhegység kistájak részei (DÖVÉNYI Z. 2010). Az aljzatban döntően paleozoos kristályos, illetve a mezozoikumban keletkezett mészkövek találhatók, erre települnek a paleogén törmelékes-üledékes kőzetek. A felszíni kőzetek döntő többségét a visegrádi-hegységi és a börzsönyi vulkanizmushoz köthető miocén andezit adja, amelyeken foltokban a Lajtai Mészkő Formáció tengerparti kifejlődésű kőzetei találhatók (KORPÁS L.–CSILLAGNÉ T. E. 1999, KORPÁS L. 1998). A terület geomorfológiai szempontból is kettős képet mutat. A dunai teraszok háttérében, a kismedencékben elsősorban az alacsony dombsági területekre jellemző széles-lapos háta dominálnak (230–270 m tszf.). A középhegységi jellegű területek a 330–750 m-es magassági szinthez tartoznak, túlnyomóan meredek oldalakkal, mélyen bevágott szűk völgyekkel tagolt térszínnek alkotják (LÁNG S. 1955). A vízhálózat több forrásból táplálkozó, rendre észak-déli folyásiránnyal rendelkező elemekből tevődik össze. Egyes völgyszakaszok futását vulkányszerkezeti- és neotektonikai vonalak is befolyásolták. A terület felszíni vizeinek több mint 90%-át a Medres-patak, a Malom-völgyi-patak, a Török-patak és a Les-patak vezetik le. Kisebb, egyedi vízfolyások (Szobi-patak, Hatló-patak, Mosoni-patak) a kutatási terület déli részén találhatók (LÁNG S. 1952).



1. ábra A kutatási terület domborzati viszonyai, a jelentősebb vízrajzi elemek és a vizsgált vízgyűjtők határai

Anyag és módszer

A kutatás során a mintaterület felszínfejlődési sajátosságainak vizsgálatához digitális domborzatmodellből levezethető morfometriai paramétereket állítottunk elő. Erre való tekintettel a modellezéshez az 1:10 000 méretarányú EOVS topográfiai térképek magassági adatait használtuk fel. Az optimális horizontális felbontást az alaptérképek információtartalmához igazítva 10 m-ben állapítottuk meg. A modell eloszlásfüggvényének képe alapján a szintvonalak magassági értékei nincsenek túlreprezentálva, így a modell a kutatásunkhoz megfelelő adatforrássul szolgál (MÁRKUS B. 2010). A Börzsöny geológiájáról elsősorban a KÖRÖSI L.–CSILLAGNÉ T. E. (1999) által készített 1:50 000 fedetlen földtani térképből tájékozódunk.

A kutatás kivitelezésére a specifikus bővítmények és a nyílt forráskód miatt esett a választás a GRASS GIS és az R szoftverekre. A geoinformatikai módszerek alkalmazása lehetőséget teremtett az eltérő sajátosságú vízgyűjtők konzekvens, összehasonlító vizsgálatára, mely részben automatizálásra (bash shell és R scriptek) is került. A két szoftver közötti interface jelenleg is fejlesztés alatt áll, ez lehetőséget teremt arra, hogy a kutatás során létrehozott funkciók is beépítésre kerüljenek az elemzési eszköztárba (BIVAND, R. S. 2000).

A vizsgált morfometriai paramétereket és az előállításukra szolgáló fontosabb eszközöket az 1. táblázat foglalja össze. A választott eljárások elsősorban JASIEWICZ, J.–METZ, M. (2011) *r.stream.** hidrológiai moduljára épülnek. Az R a különféle indexek számításában, valamint a diagramok látványos megjelenítésében (ggplot package) játszott szerepet. A módszerek részletesebb bemutatására az eredmények között kerül sor.

1. táblázat A kutatás során elemzett morfometriai paraméterek

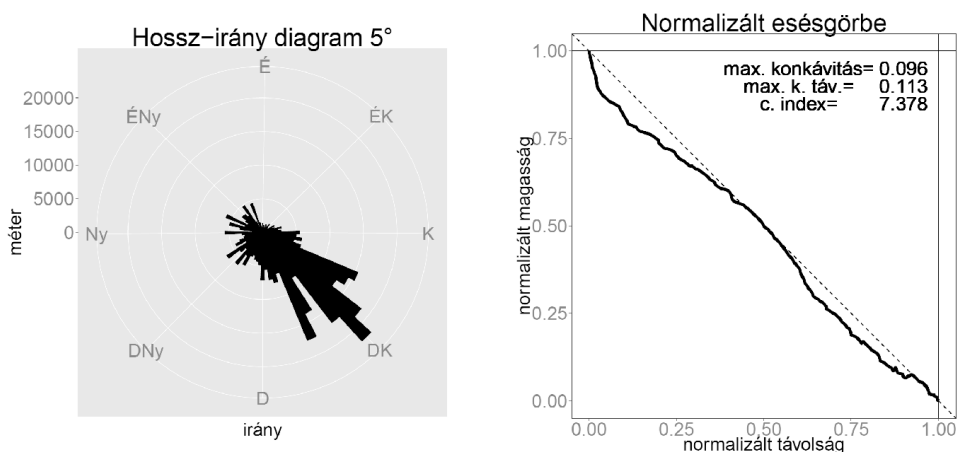
Paraméter	Leírás	GRASS GIS funkció
vízhálózat	domborzattal korrigált összefolyási térképből számított vízrajz	r.threshold, r.param.scale, r.stream.extract
hossz-irány sugárdiagram	völgyhálózat általános irányultságának vizsgálatára	r.stream.segment
normalizált esésgörbe	vízfolyások lefutásának összehasonlítására, fejlődési különbségek	r.stream.order, r.stream.distance
hipszetrikus görbe	a vízgyűjtők domborzati és felszínfejlődési jellemzőinek összevetésére	r.stream.basins
vízgyűjtő mutatók	alaki, morfológiai sajátosságok számítása a vízgyűjtőkre	r.basin
eróziós-szint térkép	jelentősebb vízfolyások eróziós szintjéből generált térkép	r.contour, v.surf.rst
vízfolyás-sűrűség térkép	a vízfolyáscelláktól való távolságból generált térkép	r.stream.distance, r.neighbors
esés-index térkép	a vízfolyásszakaszok jellemző eséséből generált térkép	r.stream.segment, v.segment, v.surf.rst

Eredmények

A vizsgálat első lépése egy a terület természeti viszonyaihoz igazodó vízhálózat előállítása volt. Csak a domborzatmodellrel alapul véve a szoftver 0.15 km² kiterjedésű összegyülekezési területet állapított meg. Az összegyülekezési térképet görbület térképekkel korrigáltuk, így pontosabban illeszkedett a topográfiai viszonyokhoz. A generált vízhálózat képe közel teljes egyezést mutatott a szakirodalomban leírtakkal. Ezután a 6 vizsgálni kívánt vízfolyáshoz készítettük el a vízgyűjtő térképet.

A területre jellemző ÉNy-DK-i irányú völgyekkel való felszabdalódást a 2. ábrán bemutatott hossz-irány diagram is alátámasztja. A vízfolyásokra előállított normalizált esésgörbék, a görbékre kiszámított konkávitási értékekkel segítséget nyújtanak az egyes vízgyűjtők fejlődését befolyásoló litológiai viszonyok vagy tektonikai események feltárásában (DEMOULIN, A. 1998, RUSZKICZAY-RÜDIGER Zs. ET AL. 2009). A Les-patak (2. ábra jobbra) és a Hatlói-patak esetében megállapított legnagyobb konkávitási értékek, amelyet a vízfolyások a forrásukhoz közel vesznek fel, ami a terület aktív deformációjával állhat összefüggésben. A Bószobi-vízfolyás a legnagyobb konkávitást az esésgörbe középső szakaszán érte csak el, amely hasonló folyamatokra utalhat. A többi vízfolyás esésgörbéje normális lefutást mutat.

A vízgyűjtők jellemzőinek (domborzat, alaki mutatók) vizsgálata szintén az elemzési folyamat részét képezte (2. táblázat), egyszerű kiszámításukat az r.basin bővítmény tette lehetővé (DI LEO, M. 2010). A mintaterület legnagyobb vízgyűjtőit a leghosszabb patakok (Les-patak, Malom-völgyi-patak, Török-patak) vízadó területei jelentik. A vízgyűjtők alakjára vonatkozó indexek alapján megállapítható, hogy azok elsősorban elnyúltak, a kiterjedtebb vízgyűjtők esetében is kicsi a több rendű mellékvízfolyás képződésének lehetősége (HORTON, R. E. 1932). A vízgyűjtők domborzati viszonyairól, fejlettségi állapotáról, domináns felszínalakító folyamatokról ad összehasonlítható információkat a hipszometrikus görbe és a hipszometrikus



2. ábra A kutatási terület völgyeinek jellemző iránya (balra) és a Les-patak normalizált esésgörbéje (jobbra)

2. táblázat A vízgyűjtők hipszometrikus integrálja és a jellemző mutatók

	1	2	3	4	5	6
Ihyp	0.304	0.285	0.459	0.462	0.34	0.381
vgy. területe	14.4 km ²	43 km ²	2.6 km ²	4.5 km ²	~37 km ²	~65 km ²
magasságkülömbőség	475 m	649 m	233 m	272 m	563 m	356 m
fő vízfolyás hossza	12 km	20 km	3 km	5 km	16 km	24 km
elnyúltsági index	0.35	0.38	0.58	0.49	0.44	0.38
alaki index	1.18	2.19	0.83	0.93	2.34	2.7

integrál értéke (PIKE, R. J.–WILSON, S. E. 1971, RUSZKICZAY-RÜDIGER Zs. ET AL. 2005). A hipszometrikus integrál alapján erőteljesen felszabdalt térszínű a Mosoni-patak, a Hatló-patak és a Les-patak vízgyűjtője, míg a többi térség értéke jobban egyengetett felszínre utal. A 2. táblázat színskálája a vízgyűjtők hipszometrikus integrál alapján való csoportosítása; minél világosabb színnel jelölt, annál fiatalabb a térség.

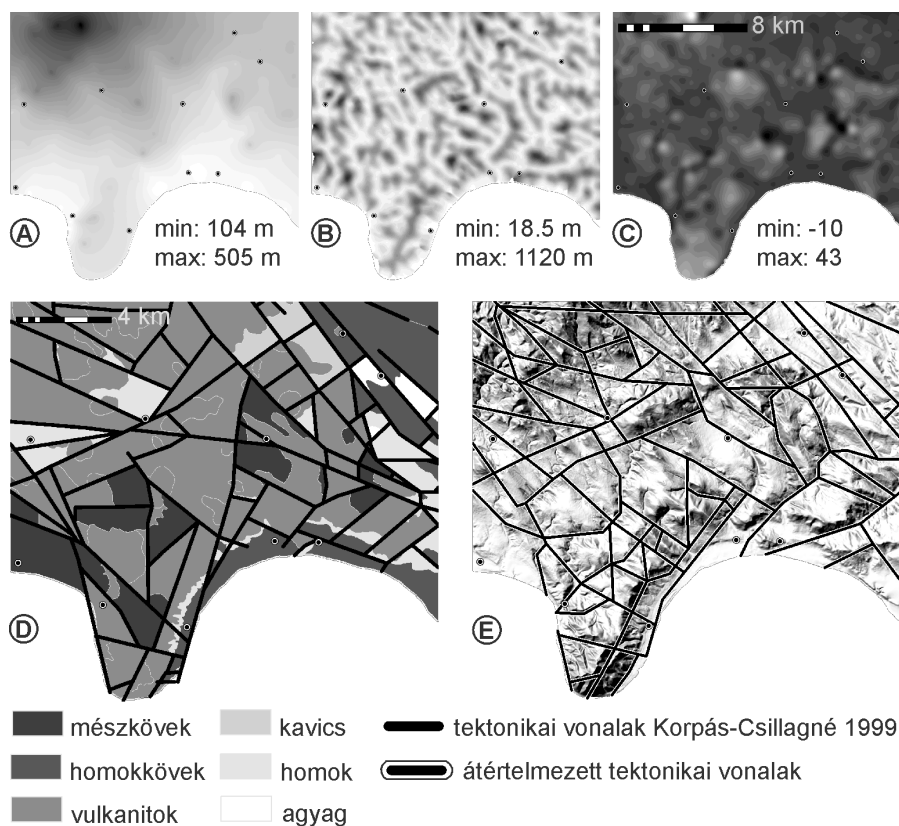
A kutatás legösszetettebb lépését a hidrogeomorfológiai sajátosságokat reprezentáló raszter felszínek (3. ábra A-C) előállítása jelentette.

Az eróziós-szint térkép a valós felszín egy olyan egyszerűsített mása, amelyen nem jelenik meg az alacsonyabb rendű vízfolyások eróziója és e felszín hirtelen változásai tektonikus eredetű elváltozásokra, a geológiai viszonyok eltéréseire utalhatnak (JACQUES, P. D. ET AL. 2014, SLAMA, T. ET AL. 2015). A módszer lépései: (1) vízhálózat és szintvonalrajz előállítása; (2) a magasabb rendű vízfolyások (Strahler-féle osztályozás) kiválasztása; (3) a szintvonalak és a vízfolyások kereszteződésénél magassági pontok előállítása; (4) az eróziós-szint térkép interpolációja.

A vízfolyás-sűrűség térkép a térség felszabdaltságának mintázatát mutatja be, amely a geológiai viszonyok feltárásában ad hasznos információkat (TUCKER, G. E. ET AL. 2001, LUO, W.–STEPINSKI, T. 2008). A térkép előállításához az alábbi lépések szükségesek: (1) vízhálózat készítése; (2) adott cella lefolyási viszonyainak megfelelően a vízfolyástól való távolság kiszámítása; (3) az értékek átlagolása a területre jellemző völgy-gerinc távolság kétszeresével. Ez utóbbi lépésre azért volt szükség, hogy kiküszöböljük az egyes vízgyűjtők szerepét; az egymás melletti, de eltérő vízfolyásba lefolyó cellák között se legyen nagy értékbeli eltérés.

Az esés-index térkép a hasonló esésviszonyokkal jellemezhető területek térbeli változásának ábrázolására alkalmas (GÁBRIS Gy. 1986, JACQUES, P. D. ET AL. 2014). A raszteres állományok elkészítésének menete: (1) vízhálózat előállítása; (2) patakok folyásirány szerinti szakaszolása; (3) adott egység középpontjára a szakasz eséséből és a hosszából számított esés-index meghatározása ([kezdőpont magasság - végpont magasság] / szakasz hossz * 100); (4) az esés-index térkép interpolációja.

Az említett három térkép esetében a hasonló karakterisztikájú területek lehatárolása, az anomáliák, az átmeneti zónák felderítése nyújtott támpontot az elérhető geológiai térkép (KORPÁS L.–CSILLAGNÉ T. E. 1999) tektonikai vonalainak



3. ábra A tektonikai vonalak felülvizsgálatában alkalmazott morfolometriai paraméterek, a terület egyszerűsített földtani térképe és az eredményül kapott új tektonikai vonalak (A = eróziós-szint térkép, B = korrigált vízfolyás-sűrűség térkép, C = esés-index térkép, D = földtani térkép Korpás L.–Csillagné T. E. (1999) nyomán, E = átértelmezett lineamentumok térképe)

módosításához. Ehhez jelenleg nem áll rendelkezésre kvantitatív elemzési eljárás, a raszterek vizuális interpretációja volt szükséges. A morfolometriai térképeken a litológiai, tektonikai változásokra utaló elemek halmozódása, ill. a felszín túlmagasított, árnyékolt modelljén kivehető formákhoz való jobb igazodás volt a döntő szempont az elemzésben. A módosítás révén a domborzati sajátosságokban is megmutatkozó tektonikai vonalak megtartásával, azok futásának pontosításával állítottunk elő egy a hidrogeomorfológiai kutatásokban alkalmazható állományt. A már meglévő szerkezetföldtani térkép alkalmazása segítséget nyújtott abban, hogy a tisztán eróziós eredetű elemeket ne tekintsük szerkezeti vonalnak.

A változtatások egyaránt érintették a dombsági- és középhegységi jellegű területeket. Nem emelhető ki egy-egy elkülönült zóna a mintaterületen, ahol a tektonikai vonalak teljesen eltérő mintázata rajzolódott volna ki a morfolometriai paraméterek figyelembe vételével. A litológiai viszonyok változása nem figyelhető meg egyértelműen az új térképen – egyaránt található példa eltérő kőzetekkel borított,

de szerkezeti vonallal nem elválasztott területek (miocén andezit és lajta mészkő) külön vételére, illetve azonos kőzetű (elsősorban mészkő), de korábban felosztott területek összevonására. Az átértelmezett tektonikai vonalak összességében nem mutatnak más karakterisztikákat (hossz, irányultság), mint a meglévő szerkezetföldtani térkép.

Következtetések

A jelen tanulmányban összegyűjtött morфомetriai paraméterek értékes információkat szolgáltatnak a terület felszínfejlődésének időbeli és térbeli sajátosságairól, a külső befolyásoló tényezők hatásairól. A bemutatott eljárások jó támpontot nyújtanak hasonló geomorфомetriai paraméterekre alapozott kutatások lefolytatására.

Módszertani szempontból tekintve az eredményeinkre megállapítható, hogy a kiválasztott GRASS GIS térinformatikai, valamint R statisztikai szoftverek az elérhető bővítmények révén alkalmasak a teljes munkafolyamat részben automatizált kivitelezésére. Bizonyításra került, hogy a vizsgált morфомetriai paraméterek a megfelelő modulokkal könnyen kiszámíthatóak és látványos megjelenítési lehetőségek is rendelkezésünkre állnak.

A generált raszteres állományok jól reprezentálják a hidrogeomorfológiai viszonyok térbeli változásait, valóban jól értelmezhető, átfogó képet adnak a tektonika hatásairól, így segítségükkel pontosítható volt a rendelkezésre álló szerkezetföldtani térkép.

Felhasznált irodalom

- BIVAND, R. S. (2000): Using the R statistical data analysis language on GRASS 5.0 GIS database files. – *Computers & Geosciences* 26. (9/10), pp. 1043–1052.
- DEMOULIN, A. (1998): Testing the tectonic significance of some parameters of longitudinal river profiles: the case of the Ardenne (Belgium, NW Europe). *Geomorphology* 24, pp. 189–208.
- DI LEO, M. (2010): Working report: Extraction of morphometric parameters from a digital elevation model – Panama. North Carolina State University. p. 13.
- DÖVÉNYI Z. (szerk.) (2010): Magyarország kistájainak katasztere. – Második, átdolgozott kiadás. MTA-Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, pp. 657–672.
- GÁBRIS GY. (1986): A vízhálózat háromdimenziós vizsgálata. – *Földrajzi Értesítő* 35. (3–4), pp. 269–278.
- GROHMANN, C. H. (2004): Morphometric analysis in geographic information systems: applications of free software GRASS and R. – *Computers & Geosciences* 30., pp. 1055–1067.
- HORTON, R. E. (1932): Drainage-basin characteristics, *Eos Trans AGU* 13 (1), pp. 350–361.
- JACQUES, P. D.–SALVADOR, E. D.–MACHADO, R.–GROHMANN, C. H.–NUMMER, A. R. (2014): Application of morphometry in neotectonic studies at the eastern edge of the Paraná

- Basin, Santa Catarina State, Brazil. – *Geomorphology* 213. pp. 13–23.
- JASIEWICZ, J.–METZ, M. (2011): A new GRAS GIS toolkit for Hortonian analysis of drainage networks. – *Computers & Geosciences* 37. pp. 1162–1173.
- KORPÁS L.–CSILLAGNÉ TEPLÁNSZKY E. (1999): A Börzsöny – Visegrádi-hegység és környezetének fedetlen földtani térképe. 1:50 000, MÁFI, Budapest.
- KORPÁS L. (szerk.) (1998): Magyarázó a Börzsöny és Visegrádi-hegység földtani térképéhez. – MÁFI, Budapest, 178 p.
- LÁNG S. (1952): A Börzsöny geomorfológiája I-II. – *Földrajzi Értesítő* 1. (2 3), pp. 315–336, 443–465.
- LÁNG S. (1955): A Márta és a Börzsöny természeti földrajza. – *Földrajzi monográfiák* 1., Akadémiai kiadó, Budapest, 512 p.
- LUO, W.–STEPINSKI, T. (2008): Identification of geologic contrasts from landscape dissection pattern: An application to the Cascade Range, Oregon, USA. – *Geomorphology* 99. pp. 90–98.
- MÁRKUS B. (2010): Térinformatika 11. Interpoláció és domborzatmodellezés. – Digitális Tankönyvtár. URL: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_TEI11/adatok.html
- PIKE, R. J.–WILSON, S. E. (1971): Elevation-Relief Ratio, Hypsometric Integral, and Geomorphic Area-Altitude Analysis. *Geological Society of America Bulletin* 82. (4), pp. 1079–1084.
- RUSZKICZAY-RÜDIGER Zs.–FODOR L.–HORVÁTH E.–TELBISZ T. (2009): Discrimination of fluvial, eolian and neotectonic features in a low hilly landscape: A DEM-based morphotectonic analysis in the Central Pannonian Basin, Hungary. – *Geomorphology* 104. pp. 203–217.
- SLAMA, T.–DEFFONTAINES, B.–TURKI, M. M. (2015): Morphotectonic and Morphodynamic investigations revealed by isobase surface analysis and derived differential mapping using GIS, Teboursouk area, northern Tunisia. – *Earth Science Informatics* 8. pp. 759–773.
- TUCKER, G. E.–CATANI, F.–RINALDO, A.–BRAS, R. L. (2001): Statistical analysis of drainage density from digital terrain data. – *Geomorphology* 36. pp. 187–202.